

SECOND MÉMOIRE

SUR LES KAOLINS

OU ARGILES A PORCELAINE

A. PIHAN DE LA FOREST,
IMPRIMEUR DE LA COUR DE CASSATION,
Rue des Noyers, 37.

SECOND MÉMOIRE
SUR LES KAOLINS
OU ARGILES A PORCELAINE,

SUR LA NATURE ET L'ORIGINE DE CETTE SORTE D'ARGILE,

PAR MM. ALEXANDRE BRONGNIART,

DIRECTEUR DE LA MANUFACTURE ROYALE DE PORCELAINE DE SÈVRES, PROFESSEUR DE MINÉRALOGIE AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE DE PARIS, ETC.

ET MALAGUTI,

PROFESSEUR DE CHIMIE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE RENNES, ETC.

PARIS,

GIDE, LIBRAIRE,

RUE DES PETITS-AUGUSTINS, 5, PRÈS LE QUAI MALAQUAIS.

1841.

résultats des recherches chimiques faites dans le laboratoire de Sèvres, et les considérations qui s'y rattachent, aux conséquences précédemment établies, afin de voir si ces deux ordres différents d'observations et de raisonnements se prêtent un appui mutuel pour arriver aux mêmes conclusions. Enfin, nous terminerons ces recherches en examinant s'il y a obligation de se servir du silicate naturel d'alumine, nommé *kaolin*, pour faire de la vraie porcelaine, ou si on peut faire cette sorte de poterie en réunissant, dans les mêmes proportions, les éléments terreux qui la composent.

ARTICLE IV.

De la composition rationnelle des kaolins; comparaison entre la composition des felspaths et celle de la partie inattaquable des kaolins.

§ Ier.

Pour suivre de la manière la plus logique l'ordre des idées qui s'attachent à la question des kaolins et de leur production, on a porté l'attention sur la composition chimique des felspaths dont les localités et le gisement étant assez bien connus, pouvaient permettre de faire un rapprochement entre leur composition et celle de certains kaolins qui, par leur position géognostique, paraissent en dériver.

Le procédé suivi pour les analyses a consisté à les attaquer par l'acide fluorhydrique, et à déterminer la silice par un traitement spécial fait avec un mélange de carbonate de soude et de potasse. Ce deuxième traitement a eu pour but non-seulement de doser directement la silice, mais de vérifier la quantité d'alumine trouvée en premier lieu. (Voir le tableau n° 1.)

Le tableau n° 1 A renferme les résultats de l'analyse de huit felspaths très-bien cristallisés.

Sur ces huit felspaths, il y en a sept qui ont sensiblement la même composition; ou du moins dans lesquels le rapport entre l'oxigène de l'acide silicique et l'oxigène des oxides d'aluminium, de potassium, etc., etc., est le même.

Il n'y a que le felspath n° 6 (celui de Dixon-Place) qui présente une composition différente. Ici, au lieu que le rapport de l'oxigène de l'acide soit à celui des bases comme 1 est à 3, il est comme 1 est à 2 [1].

Si l'on compare le tableau de la composition des kaolins (tabl. n° 1 B), dont les gisements paraissent être identiques avec ceux d'une grande partie des felspaths analysés, on verra que 5 sur 6 présentent la même formule définitive [2], et si le sixième donne une formule définitive particulière, on trouve précisément que le felspath auquel on le compare a également une composition toute particulière.

Quelle que soit donc la composition absolue du kaolin (sujet sur lequel on reviendra plus tard), on voit jusqu'à présent qu'elle est uniforme, dès que la source dont il parait dériver est la même, et cette source est précisément, dans 5 *cas sur* 6, celle que l'on a essayé d'établir dans le premier mémoire.

[1] Un felspath un peu laiteux de la côte du Coromandel, rapporté par M. Leschenau, et analysé à Sèvres, présente à peu près la même composition.

Silice.	61,50
Alumine.	23,36
Potasse avec très-peu de soude.	9,50
Chaux.	4,63

[2] Voir la note 2 annexée au tableau n° 1 B.

§ II.

Après avoir examiné autant qu'il a été possible le rapport qui existe entre le felspath dans toute sa pureté et le kaolin qui paraît en dériver, on va examiner le rapport qui existe entre le felspath altéré et le kaolin, que l'on supposera être la dernière phase de son altération. On a été assez heureux de posséder des échantillons de roches felspathiques qui présentaient toutes les conditions favorables à un pareil examen.

1° Un échantillon de felspath, dit *pierre de Lune*, employé dans la bijouterie de Kandy, île de Ceylan. Cet échantillon présentait dans la même masse : (*a*) le felspath rendu seulement friable par un commencement de désagrégation, mais étant encore transparent et parfaitement cristallisé; puis (*b*), ce même felspath prenant, avec un éclat tout-à-fait nacré, une plus grande friabilité et un blanc de lait; enfin (*c*), le même entièrement altéré et transformé en une matière terreuse blanche, mélangée de quarz.

2° Un felspath tout-à-fait altéré, impur, mais ayant une forme bien déterminée, de Bilin en Bohême.

3° Un felspath à demi-décomposé, d'Aue, près Schneeberg, mais montrant encore la structure laminaire du felspath.

On a séparé avec le plus grand soin les trois matières *a*, *b*, *c* du premier échantillon, et on les a soumises à l'analyse : pour *a* et *b* on a suivi le même procédé que pour les analyses des felspaths du tableau n° 1 ; mais on a eu la précaution, avant d'analyser la partie *b*, qui paraissait déjà un peu altérée, de la traiter successivement par l'acide sulfurique bouillant et par la potasse, agents qui ont enlevé une très-faible quantité de matière argileuse.

La matière terreuse blanche *c* a été analysée par la méthode suivie

pour toutes les analyses rationnelles des kaolins, insérées dans le premier mémoire : méthode que l'on décrira plus tard.

Les résultats de ces analyses sont consignés dans le tableau suivant.

	Silice.	Alumine.	Potasse.	Chaux.	Magnésie.	Humidité et perte.	Totaux.
a. Felspath, *dit* pierre de lune, dans un état de désagrégation incipiente ; mais transparent.	64,00	19,43	14,81	00,42	00,20	1,14	100
b. Felspath, *dit* pierre de lune, dans un état de désagrégation prononcé avec un éclat nacré et d'un blanc de lait.	67,10	17,83	13,50	00,50	Traces.	1,00	100

	Silice.	Alumine.	Eau.	Fer oxidé, chaux, potasse.	Résidu.	Perte.	Totaux.
c. Felspath, *dit* pierre de lune, dans un état d'altérat. complète sous la forme d'une matière terreuse blanche, mêlée de grains de quarz.	9,60	19,30	12,03	1,32	56,79	0,96	100

L'identité des deux compositions *a* et *b* ne peut pas être révoquée

en doute, et la petite différence tient à ce que la partie *b* était mêlée avec du quarz très-reconnaissable à la loupe.

La partie vraiment argileuse de *c*, et que l'on considère ici comme telle, non-seulement par son état physique, mais encore par son caractère chimique de se laisser attaquer par les acides, présente une composition bien singulière, si on la compare à la composition générale des argiles kaoliniques; car, tandis que celles-ci contiennent en général plus de silice que d'alumine, celle qui provient du felspath dit *pierre de Lune* contient beaucoup plus d'alumine que de silice.

Le deuxième échantillon, c'est-à-dire le felspath de Bilin en Bohême, a été soumis au lavage par décantation. On s'est borné à analyser les parties les plus tenues par le procédé ordinaire des acides et des alcalis employés successivement. On a obtenu :

Silice	62,25
Alumine	5,05
Oxide de fer	4,29
Manganèse	3,42
Chaux	1,55
Magnésie et potasse	1,60
Eau	11,95
Résidu	8,59
Perte	1,54
	100, 0

Il est évident que, dans ce cas-ci, ce n'est pas une argile que l'on a analysée. La matière provenait sans aucun doute du felspath, puisqu'elle en avait conservé la forme; mais le mode d'altération est tout-à-fait spécial, et ne peut être comparé ni à celui

du felspath *pierre de Lune*, ni à celui du felspath d'Aue, comme on le verra tout-à-l'heure.

Le résidu du traitement précédent présentait un aspect tellement hétérogène que l'on a jugé tout-à-fait inutile d'en déterminer la composition. Il est présumable que ce felspath a été modifié dans sa composition par une des épigénies mentionnées dans notre précédent mémoire (p. 255) et qui, lorsqu'elle est complète, remplace le felspath tantôt par la stéatite, tantôt par du sable, tantôt par de l'oxide d'étain.

Le troisième échantillon, c'est-à-dire le felspath à demi-décomposé d'Aue, près Schneeberg, s'est trouvé composé comme il suit :

Partie argileuse attaquable par les acides.	14,46
Résidu inattaquable par les acides.	85,54
	100,00

Composition de la partie argileuse.

Silice.	48,13
Alumine.	34,57
Eau	13,55
Bases terreuses et alcalines	5,11
	101,36

Composition de la partie inattaquable par les acides.

Silice	66,00
Alumine.	17,59
Potasse.	15,00
Chaux.	0,40
Magnésie	0,38
Perte	0,63
	100,00

La partie inattaquable par les acides du felspath altéré d'Aue, est incontestablement un felspath que l'on peut même considérer comme pur. La partie terreuse attaquable par les acides, s'approche de la composition de certains kaolins qui se trouvent inscrits dans le tableau général du premier mémoire, et diffère essentiellement de la partie terreuse du felspath pierre de Lune en ce que, dans celui-ci, l'alumine excède la silice, tandis que dans le premier, la silice au contraire excède l'alumine, et si, pour fixer les idées, on traduit en formules la composition de ces deux matières terreuses dérivées sans doute du felspath ($A^3K^1S^{12}$), on trouve que celle du felspath pierre de Lune est SA^2 et celle du felspath d'Aue est S^3A^2 (1).

Pourrait-on hésiter de conclure que le felspath, en s'altérant, ne produit pas toujours les mêmes combinaisons, et si on considère le résultat de l'analyse du felspath de Bilin, ne pourrait-on pas ajouter que le felspath, en s'altérant, ne se transforme pas toujours en un silicate alumineux?

Il est à remarquer que lorsque l'on a pu interroger pour ainsi dire la nature d'une manière directe sur la question de la dérivation des kaolins, au lieu d'en retirer une réponse décisive, on n'a fait qu'augmenter l'incertitude, et on est toujours réduit aux conjectures et aux inductions plus ou moins probables C'est sous l'influence de cette remarque que l'on passera à la discussion des *analyses rationnelles*, qu'on les interprétera de la manière qui paraîtra le plus d'accord avec l'ensemble des faits, et qu'on tirera des conséquences non décisives (car la nature du sujet s'y oppose), mais capables d'élargir le cercle des connaissances que l'on possède en pareille matière.

1 L'on ne donne ici ces formules que pour faciliter une comparaison et non pour représenter réellement une combinaison : le silicate alumineux contenu dans la partie désagrégée du felspath d'Aue ne peut pas être S^3A^2, les bases terreuses et alcalines qui l'accompagnent étant certainement à l'état de silicate.

§ III.

On appelle *analyse empyrique* d'un kaolin, l'analyse que l'on fait de la masse plus ou moins lavée. Or, cette masse étant un mélange de véritable argile, de débris de la roche désagrégée et de quarz, sa composition ne peut être que complexe et impossible à interpréter d'une manière scientifique.

Aussi a-t-on fait un véritable progrès dans l'analyse des argiles en général, dès qu'on a découvert un procédé qui, en séparant les différents éléments du mélange argileux, assignait à chacun sa composition particulière. Ce procédé est celui qui est appliqué *aux analyses rationnelles.* Il consiste à enlever l'argile mélangée impure par l'action successive et alternée des acides et des alcalis bouillants. Ces agents dissolvent le silicate alumineux ou partie argileuse, ils n'exercent aucune action sur la roche désagrégée, le quarz, le felspath, etc.

La dissolution acide contient l'alumine et les quantités plus ou moins grandes d'autres bases. La dissolution alcaline contient la silice qui leur était combinée. Après avoir expulsé par la dessication l'excès d'acide, on met en liberté l'alumine par du sulfhydrate d'ammoniaque, et l'on cherche dans la liqueur les bases qui l'accompagnaient; la silice est séparée par les moyens ordinaires.

Tout en admettant, sous un point de vue scientifique, la supériorité de l'analyse rationnelle, nous pensons néanmoins que les résultats ne doivent pas être considérés comme nets et susceptibles d'être représentés par des formules rigoureuses. En effet, si on jette les yeux sur le tableau n° 2 (annexé à ce mémoire), on verra que sur 31 argiles kaoliniques, il n'y en a que trois qui n'aient pas donné, outre l'alumine, de la chaux, de la magnésie, de la potasse ou de la soude; et la quantité collective de ces dernières bases a oscillé entre 9,17 et 0,50 pour cent d'argile pure. Les analyses de M. Forchham-

mer, faites par le même procédé, donnent lieu à la même réflexion.

Or, ces quantités quelconques de bases étrangères à l'argile, ne peuvent se trouver mélangées avec elles qu'à l'état de silicate : la quantité totale de silice obtenue par l'action des alcalis doit donc représenter non-seulement la quantité qui appartient à la véritable argile, mais encore la quantité qui était liée aux bases qui l'accompagnent. Maintenant, quelle règle suivre pour séparer par la pensée ces deux quantités? Il y a donc, malgré la supériorité incontestable du procédé rationnel, une incertitude dans les résultats, qui force à ne tirer des conclusions qu'avec réserve, et c'est précisément ce que nous entendons faire dans le cours de ce mémoire.

§ IV.

Dès que l'analyse rationnelle ne permet pas en général de se faire une idée rigoureusement exacte de la composition absolue de l'argile, il est naturel de supposer que l'examen comparé des parties pierreuses qui l'accompagnent, ou, en d'autres termes, l'examen comparé des résidus pourrait être d'une grande utilité pour résoudre, ou au moins pour examiner avec succès le problème de la nature et de la dérivation des kaolins.

En effet, les kaolins résultent de la décomposition d'une roche; il est probable que les débris de la roche indécomposée, qui se trouvent mêlés aux kaolins, appartiennent à la roche primitive d'où le kaolin tire son origine. Mais dans le fait, rien n'amènerait à des conclusions plus vagues que l'examen des substances complexes, extrêmement riches en quarz, et qui ne contiendraient que peu ou point du minéral qui aurait donné naissance au kaolin. En opérant sur les grandes masses, la question ne changerait pas beaucoup. Il est vrai que par les lavages et les décantations on pourrait parvenir

à séparer une grande partie du quarz étranger, mais le résidu donnerait également à l'analyse des résultats douteux et qui, tout au plus, permettraient de hasarder une supposition.

Nous ajouterons qu'il serait permis de demander si le résidu d'une argile kaolinique, au lieu de représenter le minéral qui lui aurait donné naissance, ne représenterait pas plutôt les minéraux non susceptibles de décomposition, qui se seraient trouvés accidentellement dans la roche altérée. De ce qu'on trouve des kaolins dont les résidus sont formés de quarz et de quelques paillettes de mica, on ne doit pas conclure qu'ils proviennent de la décomposition du gneiss, tandis que tout porte à croire qu'ils dérivent de la pegmatite dont les grandes masses renferment toujours des lames de mica.

L'étude de 31 résidus, faite sur une grande échelle, exigeant un travail très-pénible et très-long, qui n'aurait donné, nous en sommes convaincus, que des résultats extrêmement douteux, nous avons jugé convenable d'y renoncer.

§ V.

Le tableau n° 3 contient la composition des véritables argiles kaoliniques (abstraction faite des corps étrangers qui leur sont mêlés) et les formules immédiates qui les représentent. Nous nous sommes déjà expliqués plus haut (§ III) sur l'importance que méritent ces formules, et nous ne les donnons que pour mieux faire sentir la difficulté qu'il y a à établir une différence réelle entre des formules si rapprochées. Cependant, sur 31 argiles kaoliniques, il y en a 24 qui ont pour ainsi dire un lien commun dans la proportion d'eau comparée à celle de l'alumine prise pour unité.

S'il est donc possible de trouver quelques rapprochements dans cette multitude de kaolins de composition si différente, c'est certai-

nement dans les 24, dont l'alumine et l'eau sont dans le rapport de 1 à 2.

Or, sur ces 24 kaolins, il y en a 19 dont les différences de composition ne sont pas assez considérables (eu égard à la nature de ces substances et aux remarques faites au § III) pour établir, malgré les différentes formules, des séparations bien tranchées (voir les 19 kaolins du tableau n° 3, marqués d'astérisques). En outre, si par un moyen convenable on parvenait à faire disparaître ces différences, ou à les rendre encore plus faibles, il nous semble que l'on pourrait considérer chimiquement ce groupe si nombreux comme composé de substances de nature et de provenance identiques, sauf les objections d'un ordre exclusivement géognostique. Pour cela nous ne nous sommes pas éloignés des méthodes chimiques les plus rigoureuses.

On sait que lorsqu'on a des motifs pour comparer la nature intime de deux corps différents entre eux par les caractères, ou même par la composition, on a recours aux réactions qu'ils exercent sous l'influence de certains agents appliqués dans les mêmes circonstances. Nous avons donc raisonné de la manière suivante : Supposons que ces 19 kaolins représentent réellement 3 ou 4 espèces différentes de silicates alumineux ; si nous les traitons également par un agent tel qu'une dissolution de potasse d'une densité constante ; que le temps, la température, la masse relative, toutes les circonstances enfin soient les mêmes, nous devrons enlever de la silice et de l'alumine, dont les rapports varieront suivant la nature du silicate alumineux auquel ces deux corps appartenaient. Nous avions compté qu'une action de cette nature n'aurait exercé aucune influence, ni sur le quarz, ni sur les débris de roches désagrégées qui accompagnent toujours les kaolins, et qu'elle ne se serait portée exclusivement que sur la véritable argile.

Dès nos premiers essais dans cette direction, nous avons remarqué un phénomène qui, tout en détruisant l'efficacité du procédé que

nous avions imaginé, suffisait par lui seul à simplifier singulièrement le problème que nous nous étions proposé.

Nous avons vu que lorsqu'on fait bouillir une argile kaolinique pendant une minute, ou tout au plus pendant une minute et demie, dans une dissolution aqueuse de potasse à l'alcool, de la densité 1,075, elle abandonne une certaine quantité de silice, sans trace d'alumine. Si l'on applique ce traitement à une grande quantité d'argiles kaoliniques en *proportionnant leur masse à leur contenance* réelle d'argile, on arrivera, à peu d'exceptions près, à enlever une telle proportion de silice, que les formules primitives en sont remarquablement modifiées; et, dans la plus grande partie des cas, elles prennent une expression très-simple et uniforme. Ce sont les formules ainsi modifiées que nous appellerons *formules définitives.*

Nous nous sommes arrêtés de préférence sur les 24 kaolins, dans lesquels le rapport de l'alumine à l'eau est constant. Les détails des expériences et les résultats sont consignés dans le tableau n° 4.

Par l'inspection de ce tableau, on voit que 16 kaolins sur 24 ont cédé à l'action de la potasse faible, assez de silice pour se laisser suffisamment représenter par la formule S A + 2 A q; suffisamment, avons nous dit, car il ne faut pas exiger dans ces sortes de substances un accord très-rigoureux entre les quantités trouvées et les formules déduites. Les huit kaolins restant, ou n'ont pas assez perdu de silice pour changer leurs formules, ou bien, si ces formules ont changé, c'est d'une manière différente du plus grand nombre.

En ajoutant que les *sept* kaolins qui complètent la série totale des kaolins analysés et qui contiennent de l'alumine et de l'eau, hors du rapport de *un à deux*, ont presque tous cédé de la silice à l'action de la potasse seule (voir le tableau n° 5), nous croyons pouvoir attirer l'attention des savants sur le fait général que les kaolins (et nous avons des motifs pour dire encore les argiles) renferment de la silice

qui n'est ni *à l'état de quarz ni à l'état de combinaison.* Nous nous empressons cependant de remarquer que l'on pourrait interpréter ce fait comme le résultat de la décomposition de l'argile kaolinique, produite par l'action de la potasse; mais une pareille interprétation nous paraissant très-peu probable, nous nous bornons à la signaler, sans y adhérer en aucune manière.

§ VI.

Si maintenant on se reporte au tableau n° 1, où l'on peut comparer la composition des felspaths et des kaolins qui ont une localité commune; si l'on consulte l'essai d'un tableau de distribution géologique des gîtes de kaolin (premier mémoire, pages 293 et suivantes), on verra que la plus grande partie des kaolins qui ont la même composition (AS) appartiennent aux mêmes terrains, éminemment felspathiques, et paraissent avoir la même origine.

Il est vrai cependant qu'à ces mêmes terrains appartiennent aussi des *kaolins qui ne rentrent pas dans la généralité énoncée.* Mais nous ferons remarquer que leur nombre est très-limité, et que, pour la plus grande partie, la différence de composition n'est pas considérable, comme on peut le vérifier en comparant les formules définitives des kaolins des Pieux, de Louhossoa, de Sosa, etc., avec celles des kaolins de Limoges, d'Aue, de Sedlitz, etc., etc.; de manière que l'on pourrait demander si c'est à des *difficultés d'expérimentation* ou bien à leur propre nature qu'ils doivent de ne pas être semblables au plus grand nombre.

Nous essaierons de développer notre manière de voir sur l'interprétation des phénomènes chimiques qui constituent la transformation du felspath.

La composition la plus ordinaire du felspath est $A^3 K S^{12}$. Quelle

que soit la cause de son altération, nous supposons qu'il se transforme en $A^3 S^3$ (véritable argile) et $K S^9$; or, le silicate alcalin $K S^9$, d'après des expériences directes, n'est pas soluble; mais il le deviendrait en se transformant sous l'influence de la même action décomposante, en $K S^8$ et S^1. Le silicate $K S^8$, qui d'après les expériences de M. Forchhammer est soluble, serait entraîné par les eaux, et S^1 resterait à l'état de mélange avec l'argile $A^3 S^3$. De même que l'on voit une substance complexe, soumise à un courant électrique, se décomposer en deux substances moins complexes, qui plus tard finissent par se décomposer à leur tour; de même on peut voir cette action électrique (que nous avons déjà admise comme une cause probable de l'altération du felspath) s'exercer d'abord sur le felspath, et plus tard sur un de ces produits.

Sans attacher plus d'importance à ces idées qu'une théorie sur une pareille matière peut en mériter, nous ferons remarquer néanmoins que celle que nous proposons ici explique très-facilement plusieurs faits.

La silice, qui à l'état *gélatineux* se trouverait mélangée à la véritable argile, ne pourrait pas être constante, à cause de l'action dissolvante que l'eau exercerait sur elle : de là on expliquerait pourquoi on trouverait des *compositions si variables* qui seraient ramenées à une composition seule et uniforme, par l'action de la potasse caustique; on expliquerait pourquoi un kaolin de la même localité, examiné à différentes époques, n'a pas donné absolument le même résultat, comme il est facile de le voir en comparant les analyses du kaolin appartenant au même endroit, faites par différents chimistes; on expliquerait aussi pourquoi on trouverait tantôt un kaolin affecté de la formule typique ou normale ($A^3 S^3$ ou $A S$) ne rien céder à la potasse, comme le kaolin d'Oporto, et tantôt un autre kaolin, d'une composition qui paraît identique (comme celui de Wilmington), céder à la potasse

de la silice, et perdre par conséquent la simplicité de la formule. C'est que dans le premier cas (Oporto) la véritable argile se serait débarrassée, par l'action de l'eau ou de toute autre cause, de la silice qui lui était mélangée; tandis que dans l'autre cas (Wilmington) l'argile réelle, d'une nature particulière et provenant d'un felspath également particulier, ou même du felspath ordinaire, mais décomposé par des actions spéciales, resterait déguisée par la présence d'une certaine quantité de silice gélatineuse, dérivée de la décomposition secondaire d'un silicate quelconque.

Les faits que nous venons de signaler et les considérations qu'il nous ont suggérées donnent un appui remarquable à l'opinion que M. Berthier avait émise, il y a longtemps, relativement à la composition normale des kaolins. Ce savant avait pensé que le felspath, en se décomposant, donnait naissance à un silicate d'alumine qui se rapprochait plus ou moins de la formule AS. En adhérant à cette opinion, nous croyons l'avoir non-seulement précisée, mais consolidée par l'expérience.

Nous pouvons tirer des faits, des expériences et des considérations qui précèdent, les conclusions suivantes sur la composition réelle des argiles kaoliniques.

1° Les kaolins normaux à l'état brut, et seulement débarrassés par le lavage des corps grossiers qui leur sont étrangers,

« Sont un mélange d'argile kaolinique et d'un résidu insoluble dans « les acides et les alcalis, renfermant des silicates à diverses bases. »

2° L'argile kaolinique est séparée de ce résidu par l'action dissolvante successive de l'acide sulfurique et de la potasse caustique. C'est ce qui constitue ce que nous avons appelé l'*analyse rationnelle*.

3° Cette argile est une combinaison de silice, d'alumine et d'eau dans des proportions définies toujours à peu près les mêmes, et qu'on

peut indiquer par une *formule* invariable. Cette formule quelconque nous l'appelons *immédiate*.

4° Mais il y a encore dans beaucoup de ces argiles un excès de silice hors de combinaison, susceptible d'être dissoute, suivant certaines règles, dans la potasse caustique et qui se sépare nettement du silicate d'alumine hydraté, qui constitue la véritable *argile kaolinique*.

Le silicate d'alumine hydraté restant donne une formule plus simple et plus générale que nous appelons *formule définitive*, $AS + 2\,Aq$.

5° *Cet excès* de silice dans les argiles kaoliniques, séparée du kaolin par le moyen rappelé ci-dessus, peut être attribué à une décomposition électrique et successive du felspath qui d'abord a transformé le felspath en argile de kaolin $A^3\,S^3$ et en silicate de potasse insoluble $K\,S^9$, puis qui a transformé, par une nouvelle action, ce dernier en silicate de potasse soluble $K\,S^8$ et en silice S^1, qui reste dans le mélange avec l'argile.

6° Enfin, la variabilité dans la proportion de cet excès de silice, dans les différentes argiles kaoliniques, peut être attribuée à une action postérieure des eaux naturelles qui ont enlevé à ces argiles une plus ou moins grande quantité de la silice isolée et dissoluble.

ARTICLE V.

Expériences et théories sur la formation des kaolins.

§ Ier.

On a émis dans le premier mémoire l'idée que les felspaths auraient pu être décomposés par l'action de l'électricité voltaïque ou de contact. Cette idée avait été suggérée à l'un de nous (M. Bron-

gniart) par le mémoire de Gehlen sur les kaolins de Passau et par une conversation qu'il avait eue autrefois à Munich avec cet habile chimiste.

M. Fournet, dans son mémoire sur la décomposition des minéraux d'origine ignée [1], a attribué l'altération de ces minéraux d'abord à leur tendance au dimorphisme qui, lors de leur refroidissement, les a désagrégés, et ensuite à l'action électrique déterminée principalement par le contact de roches de nature différente.

Ces idées hypothétiques nous ont paru fortement appuyées par les observations de gisement que l'un de nous a faites et qu'il a rapportées dans le premier mémoire sur les circonstances remarquables qui accompagnent les kaolins dans leurs gisements. On se rappelle les rapports constants des kaolins avec des roches ferrugineuses, rapports qui pouvaient faire croire que le felspath, ayant été jadis engagé dans des systèmes électriques, s'était trouvé dans les conditions favorables pour être décomposé, à part la nature des causes qui auront fait fonctionner ces grands systèmes.

Nous avions intérêt de vérifier par des expériences les conjectures déduites de ces observations, et de voir si le felspath pouvait se décomposer par l'influence d'un courant électrique; nous avons fait deux sortes d'expériences propres à le constater.

Dans la première, nous nous sommes servis d'une batterie de 250 éléments, de 55 millim. carrés, et la seconde fois d'une batterie de 300, chargée avec une dissolution de sulfate de cuivre. La quantité de felspath très-pur soumis à l'expérience a été chaque fois de 5 grammes. Le liquide qui fermait le circuit était une très-faible dissolution de sel ammoniac, et l'expérience n'a jamais duré au-delà de six heures. Dans le premier essai, on a trouvé que

[1] *Annales de chimie et de physique*, 1833, t. LV, p. 225.

o gr. 098 mill. de felspath s'étaient décomposés en o gr. 030 mil. d'alumine et potasse, qui se trouvaient dissous dans le liquide, et o gr. 068 mill. de silice, restés en mélange avec le felspath non décomposé.

Dans la deuxième expérience, on a décomposé o gr. 159 mill. de felspath en o gr. 054 mill. d'alumine et de potasse qu'on a trouvés dans le liquide, et en o gr. 105 mill. de silice que l'on a trouvés dans le résidu.

§ II.

Nous avons également tenté la décomposition du felspath par un courant très-faible, et cette décomposition a parfaitement réussi.

Nous avons placé dans un tube recourbé en U, du felspath pur en poudre que nous avons recouvert d'eau distillée, de manière que chaque branche du tube en contenait jusqu'à la distance de 3 centimètres de l'ouverture. Nous avons suspendu, dans une des colonnes liquides, une petite lame de cuivre et dans l'autre colonne une petite lame de zinc. Les deux lames ont été mises en communication par un fil métallique qui traversait les bouchons de liége destinés à fermer les ouvertures du tube. Après quinze jours, nous avons remarqué que la colonne *zinc* était trouble, tandis que la colonne *cuivre* était limpide; cette différence a été constatée jusqu'au moment où l'on a ouvert l'appareil, au bout d'environ deux ans.

A cette époque, nous avons trouvé que le liquide *cuivre*, très-limpide, était fortement alcalin, faisait effervescence avec les acides, et contenait exclusivement du carbonate de potasse [1].

[1] Il n'y a pas à douter que l'action ne fût suspendue depuis longtemps. La lame de zinc a été trouvée complétement recouverte d'une matière grenue et dure, qui a dû nécessairement

Le liquide *zinc* était neutre, et la matière blanche qui le rendait trouble et qui adhérait en partie *aux parois* sous la forme d'une croûte granuleuse, était complétement soluble dans une dissolution alcaline, d'où l'on pouvait la retirer par les moyens ordinaires sous la forme de silice et d'alumine. Avons-nous obtenu dans ce cas un silicite alumineux ? C'est ce que nous n'avons pas pu décider, la matière dont nous pouvions disposer étant en trop petite quantité pour en faire un examen approfondi; mais le fait principal que nous désirions constater était la décomposition du felspath par l'électricité; or nous croyons l'avoir obtenue de la manière la plus évidente.

§ III.

Nous avons voulu essayer de décomposer le felspath par la seule action de l'eau en vapeur à une haute température. M. Forchhammer croit la chose possible et dit l'avoir essayée. Nous n'avons pas réussi; mais nous devons cependant dire comment nous avons opéré.

Nous avons mis environ 60 grammes de pegmatite pulvérisée dans un petit récipient dont la forme était telle que la vapeur, mais non l'eau, put y pénétrer; on a placé ce récipient, ainsi chargé, dans la partie supérieure de la chaudière à vapeur de la manufacture des produits chimiques de M. Payen à Grenelle. Cet appareil y est resté pendant deux mois sous une pression d'environ deux atmosphères. Au bout de ce temps on le retira. La pegmatite, qui n'acquiert dans l'eau aucune plasticité, était réduite en une bouillie très-plastique, ce qui pouvait faire supposer une profonde altération. Mais l'examen

empêcher l'action de se prolonger. D'un autre côté, le felspath non décomposé s'étant amassé dans la courbure du tube, de manière à former une espèce de cloison, a empêché les deux liquides de se mêler; il en est résulté que le liquide alcalin a absorbé l'acide carbonique de l'air qui pénétrait dans l'appareil imparfaitement bouché.

de cette bouillie prouva le contraire. On procéda à cet examen comme il suit : on lava la masse à l'eau distillée. Les eaux de lavage furent évaporées au bain-marie ; elles ne laissèrent aucun résidu. Or, s'il y avait eu décomposition, les produits de cette décomposition n'étaient donc pas solubles dans l'eau. Pour vérifier s'il avait eu changement chimique ou formation de quelque hydrate, on soumit à l'action d'une haute température une portion de cette bouillie desséchée dans le vide ; il n'y eut aucune perte. On étudia ensuite l'action successive de l'acide sulfurique et de la potasse sur des portions de la matière desséchée à + 100, et, pour apprécier la valeur de ce résultat, on traita également deux portions de la même pegmatite qui n'avait point été soumise à l'action combinée de l'eau, de la pression et d'une haute température. Il n'y eut aucune différence dans les résultats ; la potasse et l'acide sulfurique n'avaient rien enlevé ni à l'une ni à l'autre pegmatite. Nous pouvons donc conclure que dans les conditions de l'expérience que nous avions faite, il n'y avait pas eu d'altération chimique.

Mais nous ne disons pas que dans toute autre condition, telle que de l'eau en vapeur, injectée par jets dans les fissures d'une pegmatite, de l'eau en vapeur accompagnée d'acide carbonique, ayant cette action puissante que M. Fournet a reconnue à celle qui sort des fissures du granite à la mine de Pongibault, nous n'affirmons pas que de l'eau en vapeur dans de telles conditions ne puisse agir sur la pegmatite avec une énergie capable de la décomposer. Ce sont de nouvelles expériences à faire, mais ce sont des expériences longues et difficiles, et d'autant plus difficiles que, sans vouloir approcher des puissants moyens de la nature, en masse, en action et en temps, on ne peut cependant espérer aucun succès d'expériences faites sur une trop petite échelle.

ARTICLE VI.

Pâtes de porcelaines artificielles.

§ I.

La différence de composition des kaolins employés dans la fabrication des porcelaines, résultant des proportions assez variables, même dans les kaolins d'une même carrière, entre l'argile kaolinique proprement dite et ce que nous avons appelé *résidu*, apporte dans les qualités des pâtes qui en sont faites, des différences considérables.

On ne peut arriver à faire des pâtes à peu près semblables par la couleur, la transparence, le degré de fusibilité au feu de cuisson, ayant les mêmes rapports de dilatabilité avec le vernis ou couverte, ayant la même solidité, c'est-à-dire opposant la même résistance au choc et aux changements de température, présentant enfin la même retraite ou diminution de volume à la cuisson, on ne peut, dis-je [1], arriver à réunir toutes ces qualités dans deux mêmes pâtes que par de nombreux tâtonnements.

Il y a longtemps que j'ai pensé qu'il fallait que la manufacture de Sèvres parvînt, s'il était possible, à trouver des principes scientifiques pour obtenir des pâtes qui fussent toujours les mêmes, et qu'il fallait d'abord s'assurer que les mêmes éléments y seraient constamment dans les mêmes proportions.

[1] Les recherches et expériences techniques rapportées dans cet article étant nécessairement étrangères, par leur époque et leur nature, aux travaux principalement chimiques de son savant collaborateur, M. Brongniart a été obligé de se mettre seul en nom dans tous les cas où, par sa position, il a dû établir et poursuivre ces recherches techniques avec l'aide des travaux chimiques de MM. A. Laurent et Malaguti.

En conséquence, après avoir cherché, au moyen de l'analyse faite par M. A. Laurent des onze plus belles porcelaines fabriquées à Sèvres depuis 1770 jusqu'à ce jour, quels étaient les éléments en silice, alumine, chaux et potasse qui constituaient ces pâtes, j'ai, depuis 1838, profité des talents de MM. Laurent et Malaguti pour connaître la composition exacte des kaolins, des felspaths et des autres matières qui devaient entrer dans la composition des pâtes, afin de les mêler de manière à avoir toujours des pâtes composées de ces mêmes éléments.

Le succès a *généralement* confirmé l'efficacité de cette marche scientifique, et, depuis que je l'ai adoptée, je n'ai plus éprouvé dans les qualités des pâtes aucune de ces différences et de ces défauts qu'on ne savait comment éviter ou corriger.

§ II.

Je viens de dire que les qualités des pâtes avaient été *généralement* et *sensiblement* les mêmes. Elles ne l'ont donc pas été constamment, ni d'une manière absolue. Or, les pâtes qui présentaient après leur fabrication et leur cuisson quelque différence dans leurs qualités, ayant été analysées de nouveau, elles ont montré la même composition, ce qui a prouvé qu'il n'y avait point eu d'erreur, ni dans l'analyse des matériaux, ni dans leur mélange.

Je soupçonnais depuis longtemps que la nature des éléments ne faisait pas tout dans la composition des pâtes céramiques, mais que le mode d'agrégation, que l'état moléculaire de ces éléments pouvait avoir la plus grande influence sur leurs qualités, même les plus caractéristiques, telles que la fusibilité, la retraite, etc., et qu'il n'était pas indifférent de prendre ces éléments dans toutes les espèces de pierres ou de roches qui les renferment, mais qu'il fallait avoir égard à la

contexture de ces roches, et probablement aussi à la manière dont ces éléments étaient combinés entre eux.

§ III.

En conséquence, j'ai établi la série d'expériences suivante :

La pâte de porcelaine de Sèvres, telle qu'elle a été faite pendant soixante ans sans qu'on le sût, et telle qu'elle est faite depuis 1836, mais rationnellement est composée de

Silice. . . .	58,0
Alumine . .	34,5
Chaux. . . .	4,5
Potasse . . .	3,0
	100,0

Le tout supposé privé d'eau par une chaleur incandescente [1].

Ces éléments sont pris, 1° dans les kaolins nommés argileux et caillouteux; tous deux donnant de la silice, mais le premier donnant en outre et principalement, l'alumine et le second la potasse, 2° dans le sable quarzeux pur de la butte d'Aumont, et 3° dans la craie de Bougival ou de Meudon.

J'ai donc cherché à prendre ces éléments dans d'autres matières, et même à introduire dans les mélanges un ou deux éléments obtenus purs par préparation chimique. J'ai cherché enfin, à faire une

[1] La ressemblance de composition de ces pâtes, faites empiriquement, est frappante, depuis 1778 surtout, dans la proportion de potasse qui a été constamment de 3 pour o/o, au point que M. Laurent pensait que la composition de la porcelaine de Sèvres pouvait être représentée par la formule $15 S^2 Al. + S.$ (ca. K. Mg).

Les porcelaines d'Allemagne contiennent au plus 3 pour o/o de potasse. Les porcelaines de Paris et de France en renferment jusqu'à 5 pour o/o, excepté celle de Bayeux qui n'en contient que 1,5?

porcelaine uniquement composée d'alumine extraite de l'alun, de silice précipitée de sa dissolution alcaline, de chaux pure et de potasse. On va voir qu'à mesure que le mélange se compose d'un plus grand nombre d'éléments préparés artificiellement, la pâte s'éloigne d'autant, par toutes ses propriétés, de la vraie pâte de porcelaine.

§ IV.

Je commence par les substitutions les plus simples, prises dans des matériaux naturels, et qui ont donné des résultats auxquels on pouvait s'attendre.

1° Pâte de porcelaine dans laquelle le marbre blanc, ne renfermant que du carbonate de chaux sans silice ni magnésie, a été substitué à la craie.

Cette pâte n'a présenté, ni dans son emploi, c'est-à-dire au façonnage, ni après la cuisson, aucune différence d'avec la pâte normale. Ainsi la craie, malgré qu'elle n'ait pas la pureté du marbre, malgré qu'elle ait un tout autre mode d'agrégation, pourrait être remplacée dans la pâte de Sèvres par du marbre blanc.

2° Le silex pyromaque remplaçant le quarz du sable d'Aumont.

Ce remplacement ne paraît avoir apporté aucune différence ni dans l'emploi de la pâte, ni dans les qualités de la porcelaine.

3° J'ai voulu ensuite faire une pâte de porcelaine composée des matières élémentaires qui la constituent, obtenues par des préparations chimiques, et mêlées ensuite dans des proportions exactement les mêmes que dans la porcelaine de Sèvres.

J'ai donc fait, suivant les règles de l'art, une pâte composée comme il suit :

Silice pure obtenue par précipitation de sa dissolution alcaline	41	58,00
Silice renfermée dans la fritte préparée pour avoir la potasse	17	
Alumine pure extraite de l'alun ordinaire par l'ammoniaque et desséchée à la chaleur incandescente		34,50
Potasse prise dans la fritte		3,00
Chaux prise dans un marbre dont la pureté était connue		4,50
		100,00

Ces matières ont été longtemps broyées ensemble, mais en raison de la cherté des éléments, on n'a pu faire que 5 hectog. de cette pâte, ce qui pouvait néanmoins suffire pour faire connaître ses propriétés.

Cette pâte, extrêmement courte, a été très-difficile, tant à tourner, qu'à mouler; nous nous y attendions. Cependant un adroit tourneur est venu à bout d'en faire de petites tasses minces et une plaque à dimension déterminée.

Ces pièces passées au four à porcelaine, dans la partie où la température est le moins élevée, ont toutes fondu en une masse d'un blanc d'émail, remplie de bulles. M. Malaguti s'est assuré, par un examen rigoureux de l'alumine, que cette terre ne renfermait plus de potasse.

On a recommencé cet essai en diminuant la proportion de la fritte d'un tiers, pour diminuer d'autant la potasse.

Les plaques passées seulement au feu de dégourdi, n'ont pas fondu; mais elles ont pris 18 pour 100 de retrait; au grand feu elles ne s'étaient que ramollies; on a pu mesurer son retrait qui a été jusqu'à 28 pour 100.

Ces expériences répétées plusieurs fois et un peu variées, de ma-

nière à diminuer la fusibilité, tantôt en introduisant dans les nouvelles pâtes de la poudre des pièces déjà cuites, tantôt en employant du quarz broyé au lieu de silice précipitée, ont donné à peu près les mêmes résultats, c'est-à-dire toujours une pâte ayant une fusibilité beaucoup supérieure à celle que présente la porcelaine exposée à la plus haute température.

§ VI.

Il résultait de ces expériences, que des éléments de même nature, combinés dans les mêmes proportions, donnaient un composé bien plus fusible lorsqu'on les présentait isolés que quand ils formaient déjà des combinaisons, et qu'il n'était pas indifférent, sous ce rapport, de mêler ensemble de la silice, de l'alumine et même une fritte de potasse, ou bien des silicates d'alumine et de potasse, déjà tous formés.

D'après ces considérations, nous avons renoncé à faire de la porcelaine par la réunion immédiate de ses éléments isolés; mais nous avons voulu savoir si on pourrait arriver à faire cette belle poterie en prenant ses éléments déjà combinés, dans d'autres matières terreuses que le kaolin.

§ VII.

Nous avons d'abord pris l'argile comme le corps qui s'approchait le plus du kaolin, devant nous contenter de regarder comme porcelaine la pâte qui, cuite à haute température, aurait la densité, la solidité, l'infusibilité et la translucidité qui caractérisent cette sorte de poterie, mais sans y exiger la blancheur, qui n'est qu'une qualité secondaire.

Il manquait deux choses à l'argile infusible et sensiblement exempte de chaux qu'on nomme argile plastique :

1° La quantité d'alumine que renferment, en général, les kaolins employés à Sèvres;

2° La potasse, qui n'y est, comme on le sait par les expériences de M. Mitscherlich, qu'en très-faible proportion.

Les expériences suivantes vont montrer comment nous avons tâché d'y suppléer.

§ VIII.

L'*argile plastique* de Dreux remplaçant le kaolin.

Nous avons éprouvé ici beaucoup de difficultés à opérer ce remplacement. Nous avions prévu celle qui devait résulter de l'emploi, l'argile plastique étant beaucoup plus liante que le kaolin; mais cette argile ne renfermant pas la quantité de potasse qui était nécessaire pour arriver aux mêmes proportions de matières élémentaires de la porcelaine de Sèvres, il a fallu aller la chercher dans des corps qui n'étaient plus des matières argileuses.

Étant obligés, à cause de la composition de la fritte, de diminuer la proportion de l'argile plastique, nous avons dû prendre l'alumine qui nous manquait par suite de cette réduction, dans l'alumine pure résultant de la décomposition de l'alun. La potasse, à cause de sa dissolubilité, ne peut être introduite immédiatement dans une pâte : il a donc fallu l'enfermer dans une fritte. On détermina, par l'analyse, la composition de cette fritte; mais comme dans cette première expérience la fritte ajoutait à la pâte une grande quantité de silice, il fallut réduire d'autant la proportion de l'argile plastique de Dreux et remplacer l'alumine, que cette réduction enlevait, par de l'alumine artificielle.

On arriva à faire une pâte qui fut composée de

	Silice.	Alumine.	Chaux	Potasse.
9,75 d'argile plastique de Dreux privée d'eau.	44,44	27,89		
20,71 de fritte.	16,36	. . . . . .	0,89	3,00
6,61 d'alumine.	. . . . . .	6,61		
6,60 de craie.	. . . . . .	. . . . . .	3,61	
103,67	60,80	34,50	4,50	3,00

Proportions normales de la pâte de porcelaine de Sèvres.

Cette pâte se travaillait facilement, mais acquérait, à un fort feu de dégourdi, la compacité et la dureté du grès, en se déformant considérablement; elle ne s'émaillait que très-difficilement, ne présentait qu'une très-faible translucidité au grand feu, et prenait un retrait qui allait jusqu'à 16 pour 100; elle était enfin couverte de bouillons.

Plusieurs expériences, dont nous ne rapportons pas les détails, nous ont fait voir que l'alumine selon qu'elle avait été préparée, selon qu'elle avait été comme calcinée au feu incandescent du dégourdi ou seulement desséchée, donnait des résultats en couleurs, retrait, bouillonnement et déformation très-différents entre eux.

Cette poterie n'était donc pas de la porcelaine, quoique composée rigoureusement des mêmes éléments.

§ IX.

Nous avons voulu changer les matières, en conservant toujours les mêmes éléments dans les mêmes proportions; et pour y arriver, nous avons fait une fritte qui, contenant beaucoup moins de silice que la précédente, ne nous forçait pas de réduire les proportions d'argile plastique et nous permettait de supprimer l'alumine artificielle.

Nous avons obtenu une pâte composée comme il suit :

		Silice.	Alumine.	Chaux.	Potasse.
79,31	d'argile plast. de Dreux privée d'eau	44,12	34,50	......	......
4,51	de sable d'Aumont..............	4,51	......	......	......
12,50	fritte cuite au grand feu.........	9,37	......	......	3,00
7,98	craie..........................	.....	......	4,50	......
104,30		58,00	34,50	4,50	3,00

Les pièces faites avec ces matières, et cuites au dégourdi, avaient déjà acquis la compacité et la dureté du grès, elles étaient ondulées, bosselées, déformées; elles avaient pris un retrait d'environ 16 pour 100; mais elles étaient plus blanches, moins déformées, moins bouillonnées que les précédentes, et avaient acquis même un commencement de translucidité.

Ainsi, il a suffi de remplacer le kaolin, généralement peu plastique, par une argile très-plastique, pour qu'une pâte faite avec cette argile, dans les mêmes proportions élémentaires que la porcelaine, ne présentât plus les qualités caractéristiques de cette poterie.

§ X.

On connaissait déjà ce résultat, car il était très-naturel que dans les contrées où il n'y a pas de kaolin, mais de belle argile, on eût cherché à faire de la porcelaine, en substituant cette argile au kaolin : on n'y était jamais parvenu. Il fallait, pour approcher de cette poterie dure, translucide et prenant bien la couverte, toujours associer, comme dans les hygiocérames, du kaolin à l'argile [1].

Mais on pouvait croire que tous les éléments de la porcelaine à kaolin ne se trouvaient pas dans les pâtes de porcelaine tentées avec de l'argile seule : or, les expériences précédentes, faites sur des pâtes de composition chimique exactement la même que celle de la porcelaine, prouvent que c'est bien dans l'état des parties, et non dans leur nature, que consistent plusieurs des propriétés céramiques caractéristiques des pâtes.

§ XI.

On a vu qu'il y avait une assez grande difficulté à introduire, dans les pâtes artificielles de porcelaine, les 3 pour 100 de potasse nécessaires à leur composition; qu'on ne pouvait le faire directement, à cause de la solubilité de cet alcali et qu'il fallait se servir, pour véhicule, d'un corps vitreux, et par conséquent d'un composé qui était dans un état très-différent de celui où est la potasse dans le felspath.

Pour compléter toutes les tentatives de pâtes artificielles, nous

[1] On connaît deux fabriques de porcelaine dans lesquelles le silicate de magnésie semble remplacer entièrement le kaolin ; celle de Retiro près Madrid et celle de Vineuf ou Viñovo près Turin ; mais en examinant la composition de cette dernière porcelaine, qui est la seule que l'on connaisse bien par les travaux de Gioanetti et de Giobert, on voit d'abord l'introduction du felspath de Frossasco comme fondant dans la pâte, puis celle de l'argile de Barges, espèce de kaolin talqueux, mais mêlé de débris de felspath, comme matière plastique et fondante. Voilà donc encore une vraie roche felspathique nécessairement introduite dans la composition de cette porcelaine.

avons voulu voir si, en prenant la potasse nécessaire dans une autre pierre que le felspath, nous pourrions, sans le secours de ce minéral, faire une pâte semblable à la porcelaine.

En recherchant quelle serait l'espèce minérale qui nous fournirait le plus de potasse, nous avons choisi l'amphigène, comme étant la pierre qui remplirait le plus complétement les conditions que nous voulions y trouver réunies.

On a répété, dans ce but, l'analyse de l'amphigène sur des échantillons pris dans deux états différents.

Les uns présentaient l'amphigène sans altération sensible; dans les autres, ce minéral était altéré et devenu blanc opaque et friable: dans les uns et les autres, il restait des parties de laves engagées ou adhérentes, mais qui ne pouvaient avoir aucune influence sur le but que nous voulions atteindre, puisqu'il ne s'agissait pas de faire une nouvelle analyse de l'espèce, mais de connaître les éléments de la matière minérale que nous voulions employer.

Amphigène.

	Non altéré (An. d'Arfvedson).	Non altéré? Mêlé d'un peu de lave.	Altéré, blanc, friable.
Silice	56,10	62,10	49,42
Alumine	23,10	24,00	24,54
Potasse	21,15	9,00	12,00
Magnésie	....	0,76	1,00
Chaux	....	1,08	0,66
Peroxide de fer et magnésie	0,95	0,96	....
Eau	....	1,10	11,58
	101,30	99,00	99,00

Ainsi, sans examiner quelles peuvent être les causes de la différence de ces deux analyses entre elles et avec celles de Klaproth et d'Arfvedson, nous trouvions dans cette pierre, sous le rapport de la potasse, suffisamment de silicate de potasse pour la composition d'une pâte de porcelaine, composée comme il suit :

	Silice.	Alumine.	Chaux.	Potasse.
70,37 argile plastique de Dreux simplement sèche	33,48	26,18	......	......
33,33 amphigène	21,00	8,32	0,60	3,00
3,52 sable quarzeux d'Aumont	3,52	......	......	......
7,00 craie	......	......	3,90	......
114,22 (à cause de l'eau de l'argile non	58,00	34,50	4,50	3,00

calcinée et de l'acide carbonique de la craie).

Pour ôter à l'argile de Dreux cette trop grande plasticité, qui donne aux pâtes les graves inconvénients de gauchir, nous avons, dans un des deux essais, introduit la moitié de l'argile à l'état de ce qu'on appelle *ciment*, c'est-à-dire d'argile calcinée au rouge et réduite en poudre.

La première composition, dans laquelle il n'y avait aucune partie d'argile calcinée, a donné une vraie pâte de porcelaine, mais très-boursoufflée; la seconde a donné une porcelaine plus parfaite quoiqu'encore un peu bouillonnée, mais prenant bien la couverte, ne se déformant pas à la cuisson, ayant acquis la translucidité de la porcelaine, prenant au dégourdi 10 pour 100 de retrait et au grand feu 12 pour 100.

§ XII.

Il n'était pas nécessaire de pousser plus loin les expériences, pour prouver que dans les pâtes céramiques l'état des éléments a la plus grande influence sur la facilité de la fabrication et sur les qualités les plus intimes de ces pâtes, selon que l'on prend ces éléments, soit dans l'état d'isolement, soit déjà combinés entre eux, ou selon qu'on les prend ayant leurs parties, soit dans un état de finesse ou d'arrangement différent (telles que cristallisées ou en poussière tenue), soit dans des positions relatives différentes, telles qu'écartées par la présence de l'eau ou déjà rapprochées par l'expulsion complète de ce corps à l'aide d'une chaleur incandescente[1].

§ XIII.

Il nous semble que ces expériences nous permettent de conclure que, dans les fabrications industrielles où l'action chimique a beaucoup de part, il est important de porter la plus grande attention sur l'état de combinaison et de structure où se trouvent les matériaux que l'on emploie. Ces recherches et leurs résultats pourront expliquer les anomalies si fréquentes que présentent des produits dans lesquels on fait entrer les mêmes corps dans les mêmes proportions, mais dont l'état moléculaire était, sans qu'on y fît assez d'attention, extrêmement différent.

[1] MM. Eckeberg et Thaer (*Bibl. brit.* agricult. t. 17) ont fait, il y a déjà longtemps, quelques recherches sur le remplacement, dans les mélanges, de l'argile par l'alumine, et ils avaient déjà vu que ces mélanges artificiels différaient notablement des mélanges fournis par la nature ; mais leur but et leur méthode d'expérimentation étaient tout autre que les nôtres.

TABLEAU N° 1.

De la composition de huit felspath. A.

	Newcastle. 1	Sargadelos. 2.	Hall. 3.	Quabenstein 4.	Oporto. 5.	Dixonplace Wilmington. 6.	Calabre. 7	Serdolole (Finland) 8
Silice.	62,20	62,00	62,76	61,37	62,06	58,70	65,87	64,03
Alumine.	19,78	19,48	19,20	20,23	19,61	23,95	20,60	18,47
Potasse.	15,14	15,72	14,90	15,75	16,07	12,64	Traces.	15,24
Soude.	. . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . . . .	. . . .	11,10	. . . . . .
Magnésie	— 50	— 12	— 18	— 16	— 16	— 31	— 20	— 18
Chaux.	— 58	— 35	— 46	— 39	— 38	2,09	— 38	— 67
Fer et mangan.	Traces.	Traces.	Traces.	. . . . . .	. . . . . .	Traces.	Traces.	. . . . .
Humidité. . . .	1,53	1,64	1,70	1,31	1,11	1,65	1,20	1,02
Perte.	— 27	— 69	— 80	— 79	— 61	— 66	— 65	— 39
	100,00	100,00	100,05	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Formule chimique.	$AK+{}^{4}S$	$AK+{}^{4}S$	$AK+{}^{4}S$	$AK+{}^{4}S$	$AK+{}^{4}S$	$A^{4}K^{1}+S^{10}$	$AN+{}^{4}S$	$AK+{}^{4}S$

Tableau de la composition des kaolins dont les localités sont les mêmes que celles d'une partie des felspath précédents. B.

		Newcastle (Delaware). (N° 39 du T.) 1.	Sargadelos (Gallice) (N° 37 du T.) 2	Mort près de Hall. (N° 29 du T.) 3.	Diendorf près Hafnerszell. (N° 2? du T.) 4.	Oporto. (N° 36 du T.) 5.	Wilmington (Delaware). (N° 38 du T.)(1) 6.
Composition de la partie argileuse. .	Silic.	29,73	43,25	26,10	28,61	40,62	32,69
	Alu. .	25,59	37,38	22,50	25,75	43,94	43,94
	Eau.	8,94	12,83	7,55	9,60	14,62	12,12
Formules immédiates qui en dérivent.		$A^{3}\ S^{4}+Aq^{6}$ ou $A^{4}\ S^{5}+Aq^{8}$	$A^{3}\ S^{4}\ Aq^{6}$ ou $A^{4}\ S^{5}\ Aq^{8}$	$A^{3}\ S^{4}+Aq^{6}$ ou $A^{4}\ S^{5}+Aq^{8}$	$A^{4}\ S^{5}+Aq^{8}$ ou $A^{5}\ S^{5}+Aq^{10}$	AS+2 Aq.	AS+2 Aq.
Formules définitives. (2). . .		AS+2 Aq.	AS+2 Aq.	AS+2 Aq.	AS + 2 Aq.	AS+2 Aq.	AS +6 Aq.

(1) Ces numéros se rapportent aux kaolins dont l'analyse a été donnée dans le 1er mémoire. (*Archives du Muséum d'hist. nat.* t. I, p. 249.

(2) On a vu à la page 229 ce que l'on entendait par formule définitive.

TABLEAU N° 2.

Des analyses rationnelles des différents kaolins, faites au laboratoire de Sèvres.

LOCALITÉS.	Numéros correspondants dans le tableau du 1er Mémoire.	Silice	Alumine.	Eau.	Chaux, magnésie, potasse.	Chaux, magnésie, soude.	Fer et manganèse.	Résidu non argileux.
1. Argile de kaolin de Limoges (1838)	4	42,07	34,65	12,17	1,33	. . . .	Traces.	9,76
2. Louhossoa, près Bayonne	6	43,12	33,00	23,00	. . . .	0.50	Tr.	. . . .
3. Des Pieux, près Cherbourg	7	42,31	34,51	12,09	1,39	. . . .	Tr	9,67
4. Mercus (Arriège)	10	27,22	20,00	9,03	1,24	. . . .	0,48	42,00
5. Mende (Lozère)	11	35,61	22,33	9,70	4,32	. . . .	3,37	24,64
6. Clos de Madame (Allier)	12	39,91	36,37	12,94	1,80	. . . .	Tr.	8,96
7. Chabrol (Puy-de-Dôme)	13	32,93	29,88	10,73	1,56	. . . .	Tr.	24,87
8. Breage, en Cornouailles	16 *b.*	46,63	24,06 (1)	8,74	0,60	Soud. tr.	Tr.	19,65
9. Plymton (Devonshire)	17	44,26	36,81	12,74	1,55	. . . .	Tr.	4,30
10. Chiesi (Ile d'Elbe)	18	45,03	32,24	11,36	3,21	. . . .	Tr.	8,14
11. Bourgmanero (Piémont)	19	23,94	21,14	7,42	. . . .	. . . .	1,23	48,00
12. Tretto, près de Schio	20	37,07	25.28	6,64	6,33	. . . .	Tr.	24,64
13. Rama (Passau)	22	42,15	37,08	12,83	2,85	Tr.	0,56	4,50
14. Auerbach (Passau)	23	32,48	29,45	10,50	1,13	. . . .	Tr.	26,42
15. Diendorf, près Hafnerszell (Passau)	24	28,61	25,75	9,60	1,57	. . . .	Tr.	34,44
16 Aue, près Schneeberg	25 *c.*	35,98	34,12	11,09	0,69	. . . .	Tr.	18,00
17. Kaschna, près Meissen	26 *b.*	29,42	25,00	9,80	0,71	. . . .	Tr.	33,52
18. Seilitz, près Meissen	27 *b.*	40,78	34,16	12,10	0,60	Soud. tr.	Tr.	12,33
19. Schletta, près Meissen	28 *a.*	39,10	20,92	7,26	3,98	. . . .	1,31	27,50
20. Morl, près de Hall	29	26,10	22,50	7,55	. . . .	. . . .	Tr.	43,84
21. Sosa, près Johanngeorgenstadt	30 *b.*	45,07	38,15	9.69	Ca.mg 1,8	. . . .	Tr.	5,53
22. Zetlitz (Carlsbad)	31	33,98	26,66	9,55	1,13	. . . .	Tr.	28,63
23. Munchsoff (Carlsbad)	32	44,12	40,61	13,56	0,95	. . . .	Tr.	0,74
24. Prinzdorff (Hongrie)	33	26,76	15,17	5,22	1,83	. . . .	0,56	50,40
25. Bornholm (Scandinavie)	34 *b.*	38,57	34,99	12,52	0,54	0,93	. . . .	13,36
26. Risanski (Russie)	35	29,30	47,83	22,23	. . . .	0,68	Tr.	. . .
27. Oporto (Portugal)	36	40,62	43,94	14,62	. . . .	. . . .	. . . .	0,11
28. Sargadelos (Galice)	37	43,25	37,38	12,83	0,88	. . . .	Tr.	5,64
29. Wilmington (Delaware)	38	32,69	35,01	12,12	1,14	0,72	Tr.	22,81
30. Newcastle (Delaware)	39	29,73	25,59	8,94	. . . .	. . . .	. . . .	34,99
31. Chine	40 *c.*	13,72	9,80	2,62	potass. 3,08	. . . .	0,43	68,18

(1) Dans le tableau général du 1er Mémoire, p. 250, n° 16 *b*, il faut lire 24,06 alumine, au lieu de 20 06.

TABLEAU N° 3.

De la composition de 31 argiles kaoliniques et de leurs formules immédiates, abstraction faite des mélanges qui les accompagnent.

LOCALITÉS.	Silice.	Alumine	Eau.	Formules immédiates.	Rapports atomistiques entre l'alumine et l'eau.	
1. Kaolin de Limoges (1838).	47,33	38,98	13,69	$A^3 S^4 + Aq^6$	:: 1 : 2	*
2. Louhossoa, près Bayonne.	43,12	33,00	23,00	$A^2 S^3 + Aq^8$	:: 1 : 4	
3. Des Pieux, près Cherbourg.	47,50	38,81	13,59	$A^3 S^4 + Aq^6$	:: 1 : 2	*
4. Mercus (Arriège).	48,40	35,55	16,05	$A^2 S^3 + Aq^5$	:: 2 : 5	
5. Mende (Lozère).	52,65	33,01	14,34	$A^4 S^7 + Aq^{10}$	:: 2 : 5	
6. Clos de Madame (Allier).	44,74	40,76	14,50	$A^4 S^5 + Aq^8$ ou $A^5 S^6 + Aq^{10}$	:: 1 : 2	*
7. Chabrol (Puy-de-Dôme).	44,78	40,63	14,59	Id.	:: 1 : 2	*
8. Bréage en Cornouailles.	58,71	30,29	11,00	$AS^2 + Aq^2$	:: 1 : 2	
9. Plymton (Devonshire).	47,20	39,23	13,57	$A^3 S^4 + Aq^6$	:: 1 : 2	*
10. Chiesi (île d'Elbe).	44,82	36,37	12,81	$A^2 S^3 + Aq^4$	:: 1 : 2	*
11. Bourgmanero (Piémont).	45,61	40,26	14,13	$A^4 S^5 + Aq^8$	:: 1 : 2	*
12. Tretto, près de Schio.	53.74	36,64	9,62	$A^5 S^9 + Aq^5$	:: 1 : 1	
13. Rama (Passau).	45,80	40,27	13,93	$A^4 S^5 + Aq^8$	:: 1 : 2	*
14. Auerbach (Passau).	44,86	40,65	14,49	$A^4 S^5 + Aq^8$ ou $A^5 S^6 + Aq^{10}$	:: 1 : 2	*
15. Diendorf, près Hafnerzell (Ibid.)	44,73	40,25	15,00	Id.	:: 1 : 2	*
16. Aue, près Schneeberg.	44,33	42,02	13,65	$A^5 S^6 + Aq^{10}$	:: 1 : 2	*
17. Kaschna, près Meissen.	45,82	38,92	15,26	$A^3 S^4 + Aq^6$	:: 1 : 2	*
18. Seilitz, près Meissen.	46,86	39,24	13,90	$A^3 S^4 + Aq^6$	:: 1 : 2	*
19. Schletta, près Meissen.	58,12	31,09	10,79	$A^1 S^2 + Aq^2$	:: 1 : 2	
20. Morl, près de Hall.	46,56	40,00	13,44	$A^3 S^4 + Aq^6$ ou $A^4 S^5 + Aq^8$	:: 1 : 2	*
21. Sosa, près Johanngeorgenstadt.	48.52	41,06	10,42	$A^3 S^4 + Aq^{4,5}$	:: 1 : 1½	
22. Zetlitz (Carlsbad).	48,42	37,98	13,60	$A^3 S^4 + Aq^6$ ou $A^2 S^3 + Aq^4$	:: 1 : 2	*
23. Munchshoff (Ibid.).	44,90	41,31	13,79	$A^4 S^5 + Aq^8$ ou $A^5 S^6 + Aq^{10}$	:: 1 : 2	*
24. Prinzdorff.	56,76	32,17	11,07	$A S^2 + Aq^2$	:: 1 : 2	
25. Bornholm.	44,82	40,64	14,54	$A^4 S^5 + Aq^8$? $A^5 S^6 + Aq^{10}$	:: 1 : 2	*
26. Risanski.	29,30	47,83	22,23	$A^3 S^2 + Aq^8$	:: 3 : 8	
27. Oporto.	40,62	43,94	14,62	$A S + Aq^2$	:: 1 : 2	
28. Sargadelos (Galice).	46,26	39,99	13,75	$A^3 S^4 + Aq^6$ ou $A^4 S^5 + Aq^8$	:: 1 : 2	*
29. Wilmington (Delaware).	40,96	43,86	15,18	$A S + Aq^2$	:: 1 : 2	
30. Newcastle (Delaware).	46,27	39,82	13,91	$A^3 S^4 + Aq^6$ ou $A^4 S^5 + Aq^8$	:: 1 : 2	*
31. Chine.	52,49	37,49	10,02	$A^2 S^3 + Aq^3$	:: 2 : 3	

TABLEAU N° 4.

Des résultats obtenus en traitant par une dissolution faible de potasse les 24 argiles du tableau n° 3, qui renferment l'alumine et l'eau, dans le rapport atomistique de 1 à 2.

NOM ET FORMULE de l'argile kaolinique soumise au traitement de la dissolution faible de potasse.		Quantité soumise dans le traitement (gr.)	SILICE OBTENUE. (gr.)	(%)	Composition de l'argile kaolinique, calculée d'après la diminution de la silice enlevée par la potasse. Silice.	Alumine.	Eau.	FORMULES qui en résultent.
Kaolin de Limoges (1838).	$A^3S^4 + 6$ Aq.	5,062	0,556	10,98	31,09	34,65	12,17	$AS + 2$ Aq.
Des Pieux, près Cherbourg.	Id.	5,061	0,123	2,43	39,88	34,51	12,09	$A^3S^4 + 6$ Aq. $A^4S^5 + 8$ Aq.
Clos de Madame (Allier).	$A^4S^5 + 8$ Aq. $A^5S^6 + 10$ Aq.	5,043	0,135	2,67	37,24	36,37	12,94	$AS + 2$ Aq.
Chabrol (Puy-de-Dôme)..	Id.	6,119	0,477	7,79	25,14	29,88	10,73	$AS + 2$ Aq.
Breage en Cornouailles...	$AS^2 + 2$ Aq.	5,665	0,072	1,27	45 36	24,06	8,74	$AS^2 + 2$ Aq.
Plymton (Devonshire)....	$A^3S^4 + 6$ Aq.	4,797	0,489	10,19	34,07	36,81	12,74	$AS + 2$ Aq.
Chiesi (île d'Elbe).......	$A^2S^3 + 4$ Aq.	5,077	0,059	1,16	43,87	32,24	11,36	$A^2S^3 + 4$ Aq.
Bourgmanero (Piémont)..	$A^4S^5 + 8$ Aq.	8,571	0,568	6,62	17,32	21,14	7,42	$AS + 2$ Aq.
Rama (Passau)..........	Id.	4,888	0,475	9,71	36,77	37,38	12,83	Id.
Auerbach (Passau).......	$A^4S^5 + 8$ Aq. $A^5S^6 + 10$ Aq.	6,212	0,443	7,13	25,35	29,45	10,50	Id.
Diendorf, près Hafnerszell.	Id.	7,035	0,505 =	7,17	21,44	25,75	9,60	Id.
Aue, près Schneeberg....	$A^5S^6 + 10$ Aq.	6,950	0,112	1 76	34,22	34,12	11,09	Id.
Kaschna, près Meissen...	$A^3S^4 + 6$ Aq.	7,010	0,127 =	1,82	27,60	25,00	9,80	$A^4S^5 +$ Aq.
Seilitz, près Meissen.....	Id.	5,184	0,472 =	9,10	31,68	34,16	12,10	$AS + 2$ Aq.
Schletta, près Meissen....	$A^1S^2 + 2$ Aq.	6,688	0,045	0,67	38,48	20,92	7 26	$AS^2 + 2$ Aq.
Morl, près de Hall.......	$A^3S^4 + 6$ Aq. $A^4S^5 + 8$ Aq.	8,014	0,356 =	4,44	21,66	22,50	7,55	$AS + 2$ Aq.
Zetlitz (Carlsbad)........	Id.	6,411	0,318 =	4,95	29,03	26,66	9,55	$A^3S^4 + 6$ Aq.
Munchshoff (Ibid.)......	$A^4S^5 + 8$ Aq. $A^5S^6 + 10$ Aq.	4,578	0,110 =	2,40	41,72	40,61	13,56	$AS + 2$ Aq.
Prinzdorff...............	$AS^2 + 2$ Aq.	9,544	0,096 =	1,00	25,76	15,17	5,22	$AS^2 + 2$ Aq.
Bornholm.............	$A^4S^5 + 8$ Aq. $A^5S^6 + 10$ Aq.	5,227	0,368 =	7,04	31,53	34,99	12,52	$AS + 2$ Aq.
Oporto................	$AS + 2$ Aq.	4,537	0,169 =	3,72	36,90	43,93	14,62	$AS + 2$ Aq.
Sargadelos (Gallice)......	$A^3S^4 + 6$ Aq. $A^4S^5 + 8$ Aq.	1,814	0,312	6,48	36,77	37,38	12,83	Id.
Wilmington (Delaware)..	$AS + 2$ Aq.	5,637	0,689 =	12,23	20,46	35,01	12,12	$A^3S^2 + 6$ Aq.
Newcastle (Delaware)....	$A^3S^4 + 6$ Aq. $A^4S^5 + 8$ Aq.	7,002	0,658	9,39	20,34	25,59	8,94	$AS + 2$ Aq.

TABLEAU N° 5.

Formules immédiates et définitives des sept argiles kaoliniques qui contiennent de l'alumine et de l'eau, hors du rapport de 1 à 2.

(Voir page 229).

NUMÉROS correspondants à ceux du premier mémoire.	LOCALITÉS.	FORMULES IMMÉDIATES déduites de l'analyse rationnelle.	FORMULES DÉFINITIVES déduites du traitement par la potasse.
6	Louhossoa, près Bayonne. .	$A^2 S^3 + 8$ Aq.	$= A\ S + 4$ aq.
10	Mercus (Ariège).	$A^2 S^3 + 5$ Aq.	$= A\ S + \frac{1}{2}$ aq.
11	Mende (Lozère).	$A^4 S^7 + 10$ Aq.	$= A^2 S^3 + 5$ aq.
20	Tretto, près Schio.	$A^2 S^3 + 2$ Aq.	$= A^2 S^3 + 2$ aq.
30 *b*.	Sosa, Johanngeorgenstadt.	$A^3 S^4 + 4\frac{1}{2}$ Aq.	$= A^4 S^5 + 6$ aq.
35	Risanski.	$A^3 S^2 + 8$ Aq.	$= A^2 S + 5\frac{1}{5}$ aq.
40 *c*.	Chine.	$A^2 S^3 + 3$ Aq.	$= A^2 S^3 + 3$ Aq.

ERRATA.

Page 295, tableau. — Silice.
44,44 *mettez* : 41,64
Total. 60,80 *mettez* : 58,00

TABLE DES MATIÈRES

DU SECOND MÉMOIRE SUR LES KAOLINS.

(Errata, à la fin du tableau n° 5.)

